

用于新鲜果蔬的不同包装材料的性能研究

李丹¹, 陈欣², 于佳佳²

(1.海军医学研究所, 上海 200433; 2.济南兰光机电技术有限公司, 济南 250031)

摘要: **目的** 研究并筛选出柔韧性及透气性较好的包装材料, 保证新鲜果蔬具有较长贮存期限及良好品质。**方法** 以6种不同材质结构与厚度的薄膜为样品, 分别检测并对比分析样品在温度为25, 5℃(相对湿度均为90%)这2种试验条件下的氧气与二氧化碳透过量, 以及拉断力与拉伸标称应变, 并且测试研究在冷藏环境下各样品的摆锤冲击能量。**结果** 相比5℃条件下, 6种样品在25℃条件下的氧气与二氧化碳透过量较高; 2种条件下样品的氧气与二氧化碳透过量由高到低均依次为2[#], 3[#], 4[#], 5[#], 6[#], 1[#]; 1[#]样品的柔韧性较好, 4[#], 5[#], 6[#]样品的强度较低, 且柔韧性均匀度较差, 经过改性后的2[#]与3[#]样品的强度提高, 但柔韧性降低; 冷藏后1[#]样品的柔韧性略有提高, 4[#], 5[#], 6[#]样品的柔韧性均降低。**结论** 材料结构、厚度、改性方式等均会影响包装膜的各项性能, 新鲜果蔬生产企业应在充分考虑果蔬特性、保质期、贮存条件等因素的基础上, 及时监测包装材料性能, 从而筛选出适宜的包装材料。

关键词: 新鲜果蔬; 包装材料; 氧气透过量; 二氧化碳透过量; 拉断力; 拉伸标称应变; 摆锤冲击能量
中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)21-0117-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.21.021

Performance of Different Packaging Materials for Fresh Fruit and Vegetable

LI Dan¹, CHEN Xin², YU Jia-jia²

(1.Shanghai Naval Medical Research Institute, Shanghai 200433, China; 2.Labthink Instruments Co., Ltd., Jinan 250031, China)

ABSTRACT: The paper aims to research and select packaging materials of good flexibility and permeability to ensure the long shelf life and good quality of fresh fruits and vegetables. Six film samples of different structures and different thicknesses were used in O₂ and CO₂ permeability tests performed at 25℃, 90% RH and 5℃, 90% RH, as well as the tensile force test at break and pendulum impact energy test before and after cold storage. The six samples had higher O₂ and CO₂ permeability at 25℃ than 5℃. The order of permeability was 2[#]>3[#]>4[#]>5[#]>6[#]>1[#] for the six samples under the two test conditions. Sample 1[#] had good flexibility. Sample 4[#], 5[#] and 6[#] had low strength and uniformity flexibility. The strength of modified 2[#] and 3[#] samples was improved, with decreased flexibility. The flexibility of sample 1[#] after cold storage was increased slightly, but the flexibility of sample 4[#], 5[#], and 6[#] decreased after cold storage. The structure, thickness and modification methods may affect the performance of the packaging film. Fresh fruit and vegetable producers shall keep monitoring the properties of the packaging materials based on factors such as the characteristics of the fruits and vegetables, shelf life and storage conditions, so as to select suitable packaging materials for their products.

KEY WORDS: fresh fruit and vegetable; packaging materials; oxygen permeance; carbon dioxide permeance; tensile stress at break; nominal tensile strain; pendulum impact energy

新鲜果蔬富含维生素及膳食纤维等营养成分, 与其他种类食品不同, 采摘后的新鲜果蔬仍具有一定的生命活动, 如呼吸作用。呼吸作用是分解果蔬基质产

生小分子物质的过程, 有氧呼吸过程中会产生二氧化碳、水分与热量, 无氧呼吸的产物则为酒精、二氧化碳与热量, 酒精易在果蔬中积累, 影响外观, 并进一

收稿日期: 2018-07-30

作者简介: 李丹(1982—), 女, 工程师, 主要研究方向为食品包装。

步损害其营养价值。为了保证果蔬的新鲜程度,应抑制其呼吸作用,尤其是无氧呼吸,以降低对基质的消耗,保留较高营养成分^[1-2]。

温度及气体成分含量是影响新鲜果蔬呼吸作用的2个重要因素,较低的存储温度、气调保鲜技术均有利于抑制果蔬的呼吸作用^[3-4]。由于呼吸作用不断消耗氧气,产生二氧化碳,因此,新鲜果蔬的包装材料应具有较高的气体透过量,能够及时补充氧气、排出多余的二氧化碳,以保持包装内部的气体浓度。同时,包装材料应具有良好的柔韧性,保证存储、运输期间成品包装不易破损。文中以6种不同种类的蔬菜包装膜为研究对象,对比分析其氧气透过量、拉断力与拉伸标称应变、摆锤冲击能量,以验证不同材质保鲜包装材料的性能情况。

1 试验

1.1 仪器和材料

主要材料:6种用于新鲜果蔬的薄膜材料,依次编号为1[#],2[#],3[#],4[#],5[#],6[#];1[#]样品为BOPP/CPP复合膜,厚度为65 μm;2[#],3[#]为添加一定比例的改性二氧化硅无机物与聚乙烯(LDPE)熔融共混的无定形聚合物改性PE材料,厚度均为40 μm;4[#],5[#],6[#]均为PE材料,厚度分别为40,50,60 μm。以上材料均由某知名新鲜果蔬生产企业研发机构提供。

主要仪器:VAC-V2压差法气体渗透仪、XLW(PC)智能电子拉力试验机、FIT-01摆锤冲击试验机,均由济南兰光机电技术有限公司生产。

1.2 方法

1.2.1 透气性能

依据GB/T 1038—2000《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法压差法》^[5]对样品的氧气透过量与二氧化碳透过量进行测试,取平行测试的3片试样的算术平均值为最终结果。由于新鲜果蔬贮存在低温或常温环境中,且呼吸及蒸腾作用产生的水蒸气增大了包装内部的湿度,因此,该试验的测试条件分别设定为25,5℃(相对湿度均为90%)。每个样品分别裁取3片试样进行检测。

1.2.2 柔韧性能

依据GB/T 1040.3—2006《塑料拉伸性能的测定第3部分:薄膜和薄片的试验条件》^[6]与GB/T 8809—2015《塑料薄膜抗摆锤冲击试验方法》^[7]进行测试与结果计算。根据新鲜果蔬的贮存温度及实验室环境条件,分别测试试样在23℃(实验室温度)及5℃冷藏后的纵向拉断力、纵向拉伸标称应变,以及在5℃冷藏环境下的摆锤冲击能量。

2 结果与分析

2.1 气体透过量

对比分析表1中的试验数据,测试的6种样品的氧气透过量与二氧化碳透过量可分为3个等级,1[#]样品的气体透过量较低,这主要与样品的材质为BOPP/CPP复合膜有关,由于经过拉伸的BOPP和流延CPP的阻隔性均高于PE材料,故其阻隔性最高;4[#],5[#],6[#]样品的气体透过量居中,且氧气与二氧化碳透过量均随样品厚度的增加而降低,这是因为试样厚度增加,延长了氧气或二氧化碳在试样中的渗透时间;2[#]与3[#]样品的气体透过量则显著增强,这与无定形聚合物改性物质的存在增加了气体分子在PE基材中的渗透通道有关,所使用的改性物质的种类及添加比例的不同均会影响气体在材料中的渗透行为,故2[#]与3[#]样品的氧气与二氧化碳透过量均有所差异。分别对比各样品在2种试验条件下的气体透过量结果,5℃和相对湿度为90%条件下的氧气与二氧化碳透过量均较低,这是由于随着温度的降低,分子的热运动减弱,树脂的结晶度、定向度增加,分子间隙变小且密度增加,聚合物的自由体积减小,导致气体不易透过,故气体透过量降低。

表1 6种样品氧气与二氧化碳透过量的对比

Tab.1 Comparison of O₂ and CO₂ permeability of six samples cm³/(m²·d·(0.1MPa))

样品	25℃		5℃	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
1 [#]	780.6	1806.1	314.5	728.4
2 [#]	6804.6	23 139.2	2941.8	9403.8
3 [#]	5046.1	17 604.5	2019.4	6624.1
4 [#]	3543.1	10 299.7	1394.5	3909.5
5 [#]	3410.4	9197.6	1300.8	3396.1
6 [#]	3237.9	8520.9	1188.7	3091.3

注:相对湿度为90%

从气体透过量的测试结果来看,1[#]样品的氧气与二氧化碳透过量均较低,无法保证果蔬正常有氧呼吸所需的氧气量与内部二氧化碳的环境浓度,不适宜用于呼吸量较大的新鲜果蔬的长期保鲜包装,仅能作为果实类产品短期保鲜。以氧气透过量为例,为了保证新鲜果蔬良好的呼吸作用,新鲜果蔬包装膜在常温下的氧气透过量应大于1000 cm³/(m²·d·(0.1 MPa)),目前市场上常见的普通保鲜包装透过量均在1000~3000 cm³/(m²·d·(0.1 MPa)),与文中研究的不同厚度3种PE薄膜氧气透过量的结果一致。采用添加一定比例的改性二氧化硅无机物与LDPE熔融共混制得的薄膜的氧气透过量均超过5000 cm³/(m²·d·(0.1 MPa)),二氧化碳透过量均超

过了 15 000 cm³/(m²·d·(0.1 MPa))。其中 2[#]样品改性无机物添加比例大于 1[#]样品,相应的 2[#]样品的氧气与二氧化碳透过量也明显大于 1[#]样品。上述结果可证明,采用改性无机物质对原有 PE 保鲜材料进行改性后,可有效增加包装材料的表面孔径大小,极大改善了保鲜包装材料的透过性,这类高透气性薄膜材料可适用于呼吸强度大的果蔬保鲜包装。

在实际研究过程中,可通过增加包装材料可供气体渗透空间等方法提高包装材料的气体透过量。在加工新鲜果蔬包装材料时,控制较小的成型压力,弹性形变的比例大,塑性形变的比例小,材料中自由体积较多,分子链不容易取向,有利于保持材料较高的气体透过量^[8-10]。同时,通过控制工艺,在新鲜果蔬包装材料的渗透方向上形成贯穿性或似贯穿性的纳米级缺陷,可增大气体在材料中的渗透能力,显著提高材料的气体透过量^[11-13]。

2.2 柔韧性

新鲜果蔬的保鲜包装材料不仅要满足高透气性,还需要考虑其自身的柔韧性是否可抵抗果蔬与外界产生的冲击。特别是加入改性无机物质后的改性 PE 材料,更需验证其力学性能。所研究的新鲜果蔬使用的包装材料在常温环境下抗冲击性不易受影响,而在低温冷藏环境下易脆裂,因此这里拟进行 5 ℃冷藏条件下的摆锤冲击能量验证测试。

对比表 2 中 6 种样品的测试数据可以看出,1[#]样品的拉断力较高,拉伸标称应变居中,但抗摆锤冲击性能最大;2[#]与 3[#]样品的拉断力居中,拉伸标称应变较低,抗摆锤冲击性能居中;4[#],5[#],6[#]样品的拉断力较低,拉伸标称应变较高,抗摆锤冲击性能偏低,但由于这 3 种样品的厚度不均匀,平行试验数据不稳定,拉伸性能与抗摆锤冲击性能的试验数据没有规律可循,样品之间数据差异较大。

表 2 6 种样品冷藏前后柔韧性测试结果的对比
Tab.2 Comparison of flexibility test results of six samples before and after cold storage

样品	23 ℃		5 ℃		摆锤冲击 能量/J
	拉断力/ (N·(15 mm) ⁻¹)	拉伸 标称 应变/%	拉断力/ (N·(15 mm) ⁻¹)	拉伸 标称 应变/%	
1 [#]	66.4	150	69.1	171	3.61
2 [#]	39.7	145	37.0	123	1.85
3 [#]	51.8	145	49.7	124	2.01
4 [#]	23.1	810	19.3	739	0.91
5 [#]	26.4	912	17.9	684	0.81
6 [#]	23.4	703	21.1	655	1.32

与 23 ℃的测试结果相比,经过 5 ℃低温冷藏后,6 种样品的拉断力相近,拉伸标称应变的变化较

为明显。1[#]样品的拉断力、拉伸标称应变均增大,其余 5 种样品这 2 项性能指标的测试结果均降低,2[#]与 3[#]样品测试结果的变化幅度低于 4[#],5[#],6[#]样品,这说明 1[#]样品的耐低温冷藏性较好,无机物质改性后的 PE 薄膜样品的耐低温冷藏性能有所提高。总体而言,6 种样品的拉断力及耐低温性的规律为 1[#]最好,2[#]与 3[#]次之,4[#],5[#]与 6[#]较差,拉伸标称应变的规律为 4[#],5[#]与 6[#]较大,1[#]次之,2[#]与 3[#]较小。同时,表 2 中的数据表明,相比未改性的 PE 薄膜样品,无机物质改性后的 PE 薄膜样品的柔韧性变化较为明显,挺度变大,抗冲击性能变好,延展性偏低,但仍可满足果蔬包装的基本力学性能需求。

针对 4[#],5[#],6[#]这 3 种样品厚度与柔韧性不均匀的问题,可以通过调整生产工艺进行改善。如调整机头模口间隙及模头温度(模头温度应高于塑化温度),适当降低熔融树脂的温度,提高挤出量的均匀性,保证样品薄膜各处厚度均匀一致,提高薄膜的机械强度;调整吹胀比与牵引比,使之相配合,并检查机械传动装置,使牵引速度保持恒定,可保证材料柔韧性及厚度均匀性;提高吹膜温度,分子的松弛能力增加,分子内应力得到较好的释放,可有效提高材料的强度;及时更换过滤器,防止过滤器堵塞造成挤出机内部压力过高,引起成膜量不足及过滤器破裂,影响熔体的纯净,进一步造成薄膜的拉伸断裂伸长率下降^[14-15]。

3 结语

通过对新鲜果蔬的特性分析,确定了其包装材料应具有的基本性能,并以此为依据分别测试了 6 种不同材质果蔬包装薄膜样品在高低温下的气体渗透性能及柔韧性能。所测试的 6 种样品中,1[#]样品在高低温下的柔韧性较好,但其气体透过量较低,不适合用于包装新鲜果蔬;其余 5 种样品中,经过改性的 2[#]与 3[#]样品的氧气与二氧化碳透过量显著增大,耐低温冷藏性得到改善,4[#],5[#],6[#]样品的气体透过量、厚度及柔韧性的均匀稳定性均有待提高。通过对试验结果的对比分析,评价了 6 种包装材料性能的优劣,分析其材质不同影响包装材料性能的原因,明确了添加改性二氧化硅无机物质的 PE 薄膜更适合作为新鲜果蔬的包装材料。同时,针对样品性能所出现的问题提出合理性的分析与解决方法。

包装材料是食品在运输、贮存及货架期等环节保持良好品质的重要保障,食品包装出现的问题往往与材料性能和食品相容性等因素有关,在选用包装材料或解决包装问题时,需对包装材料性能及食品的特性进行综合分析,进而有效筛选与食品相容性较好的包装材料,保证包装材料对食品具有良好

的保质效果。

参考文献:

- [1] 苏卿, 周志钦. 采后因素对果蔬产品营养和质量安全的影响研究现状[J]. 食品工业科技, 2012, 33(19): 362—369.
SU Qing, ZHOU Zhi-qin. Current Research Status of the Influences of Postharvest Factors on the Nutrition and Quality of Fruit and Vegetable Products[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(19): 362—369.
- [2] 弓志青, 王文亮. 果蔬采后酶促褐变机理及影响褐变的因素研究进展[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(2): 30—33.
GONG Zhi-qing, WANG Wen-liang. Research Advancement of Enzymatic Browning Mechanism after Harvest of the Fruit and Vegetable and Its Influence Factors[J]. Food and Nutrition in China, 2012, 18(2): 30—33.
- [3] 戚英伟, 田建文, 王春良. 水果气调贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4): 53—58.
QI Ying-wei, TIAN Jian-wen, WANG Chun-liang. Research Advances in Modified Atmosphere Preservation of Fruits[J]. Storage and Process, 2014, 14(4): 53—58.
- [4] 张慙, 刘倩. 国内外果蔬保鲜技术及其发展趋势[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(8): 785—792.
ZHANG Min, LIU Qian. Study on Present Situation and Development Trends of Fruit and Vegetable Preservation in the World[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2014, 33(8): 785—792.
- [5] GB/T 1038—2000, 塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法压差法[S].
GB/T 1038—2000, Plastics-film and Sheeting-determination of Gas Transmission-differential-pressure Method[S].
- [6] GB/T 1040.3—2006, 塑料拉伸性能的测定第3部分: 薄膜和薄片的试验条件[S].
GB/T 1040.3—2006, Plastics-determination of Tensile Properties-Part 3: Test Conditions for Film and Sheeting[S].
- [7] GB/T 8809—2015, 塑料薄膜抗摆锤冲击试验方法[S].
GB/T 8809—2015, Pendulum Impact Resistance of Plastic Film[S].
- [8] 张颖, 王志, 王世昌. 高分子膜结构对气体传递的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(4): 24—27.
ZHANG Ying, WANG Zhi, WANG Shi-chang. Effects of Polymeric Membrane Structure on Gas Transport[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2004, 20(4): 24—27.
- [9] TIAN J H, YU W, ZHOU C X. Crystallization Behaviors of Linear and Long Chain Branched Polypropylene[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 104(6): 3592—3600.
- [10] 吴增青, 涂志刚. BOPP 薄膜生产过程中的取向与结晶[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 35—39.
WU Zeng-qing, TU Zhi-gang. Orientation and Crystallization in Producing BOPP Film[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 35—39.
- [11] TRONGSATITKUL T, AHT-ONG D, CHINSIRIKUL W. Effect of Temperature and Mechanical Stress on Barrier Properties of Polymeric Films Used for Food Packaging[J]. Journal of Plastic Film and Sheeting, 2007, 23(3): 239—256.
- [12] 程欣, 唐亚丽, 王淑娟, 等. 超高压对低密度聚乙烯与乙醇相互作用的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 54—59.
CHENG Xin, TANG Ya-li, WANG Shu-juan, et al. Effect of Ultra High Pressure on the Interaction between LDPE and Ethanol[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 54—59.
- [13] ZHAO Q Y, WANG J Q, CHU N B, et al. Preparation of High-permeance MFI Membrane with the Modified Secondary Growth Method on the Macroporous α -alumina Tubular Support[J]. Journal of Membrane Science, 2008, 320(12): 303—309.
- [14] KUSWORO T D, ISMAIL A F, MUSTAFA A, et al. Dependence of Membrane Morphology and Performance on Preparation Conditions: The Shear Rate Effect in Membrane Casting[J]. Separation and Purification Technology, 2008, 61(3): 249—257.
- [15] 冯润财, 伍杰峰, 张广强, 等. 双向拉伸聚乙烯薄膜的研制[J]. 塑料工业, 2013, 41(4): 102—112.
FENG Run-cai, WU Jie-feng, ZHANG Guang-qiang, et al. Development of Biaxial Oriented Polyethylene Film[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(4): 102—112.